4. Problemas del economista en la conceptualización de innovación tecnológica *

El propósito de este capítulo es examinar cómo la economía ha conceptualizado el proceso de innovación tecnológica. Los temas o problemas que entraña son sustanciales, ya que existe amplia aceptación (aunque de ningún modo universal) de que este proceso sea la causa principal del desarrollo económico a largo plazo. Con todo, y con algunas excepciones, sólo en los pasados veinte años los economistas han intentado relacionar el asunto de una forma sistemática a su análisis de desarrollo a largo plazo. Se ha conseguido cierto significativo progreso. Sin embargo, argumentaré que nuestro esquema cognoscitivo nos hace interpretar de forma errónea el proceso y, como resultado, ignorar o subestimar la importancia de muchas formas de cambio tecnológico. Argumentaré, en particular, que nuestro razonamiento sobre estas materias ha sido gravemente agrietado por un fuerte prejuicio contra el reconocimiento de la total importancia económica de muchas formas de conocimiento valioso, intrínsecas a actividades de naturaleza tecnológica.

De dónde procede este prejuicio es un asunto de interesante especulación. Desde luego su sutil intrusión en nuestro pensamiento podría constituir un fascinante capítulo en la historia del pensamiento económico. Sospecho que se ha relacionado con ansiedades del status del economista y su determinación de asociar sus actividades con el alto prestigio del científico más que con el prestigio mucho más modesto del ingeniero.

* Se reconocen con agradecimiento las útiles sugerencias de los profesores Stanley Engerman y W. Lee Hansen. El autor también desea agradecer el apoyo financiero del NSF.

Sin embargo, para mis propósitos inmediatos, su origen no es tan urgente o importante como su existencia y consecuencias en la formación de nuestro pensamiento sobre asuntos tecnológicos.

El prejuicio que tanto me preocupa puede advertirse fácilmente. Los economistas, cuando trabajan con el proceso de cambio tecnológico, revelan una conceptualización jerárquica de diferentes formas de conocimiento bastante similares a las del científico estudioso de las ciencias naturales. Es decir, dan la mayor importancia a las formas «puras» del conocimiento, conocimiento científico que implica ser del mayor y más amplio grado de generalidad. Por el contrario, tienen en poca estima el «simple» conocimiento tecnológico o industrial por ser demasiado específico y particularista en su naturaleza, y muestran poco interés en la forma en que este conocimiento es producido o difundido.

Esta perspectiva, por ejemplo, me parece muy apropiada para las actividades del comité que determina la concesión anual de los premios Nobel en las Ciencias Naturales. Pero es por entero inapropiada —positivamente perjudicial— en una disciplina que está relacionada con los principios del uso óptimo de recursos y la comprensión de la manera en que la productividad de recursos ha crecido a lo largo del tiempo histórico. Los factores que influyen en la productividad de recursos en la actividad económica son numerosos y prosaicos. Es tiempo de reconocer que la división intelectual del trabajo ha dado al economista un tema en el que formas de conocimiento relativamente vulgares tienen un gran papel exageradamente amplio.

La función de la producción

Los objetos de mi queja emergen con gran claridad cuando examinamos el aparato analítico básico de la teoría de producción. El concepto central, desde luego, es el de una función de producción que especifica de una manera rigurosa la relación entre entradas y salidas. La distinción básica es aquella que existe entre la sustitución de factores —un movimiento a lo largo de una porción existente de la superficie de la producción en respuesta a una alteración en el factor precio— y el cambio tecnológico que, cuando se produce, varía la función de producción; esto es, incrementa la cantidad de salidas obtenible de cantidades dadas de los factores de entrada. Los movimientos a lo largo de una isomántica implican fluctuaciones de una técnica conocida a otra similar cuando la combinación óptima

de los factores de entrada es alterada en respuesta a condiciones cambiantes de oferta y precio.

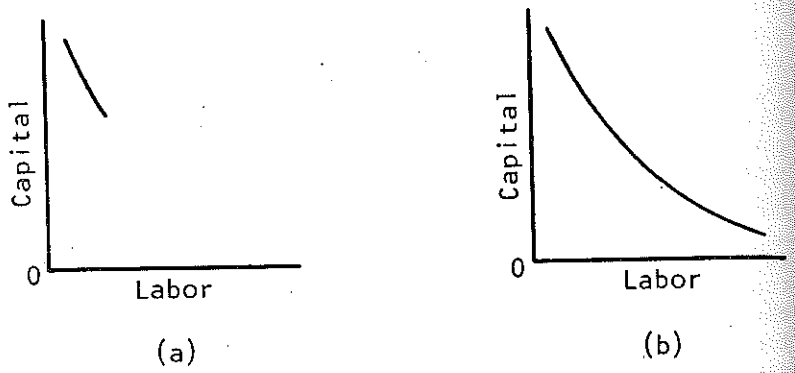
Como sucede con frecuencia, la utilidad de un sistema analítico particular depende de la serie de problemas que se quieren analizar. La noción de función de producción ha sido muy provechosa para tratar ciertos tipos de problemas —por ejemplo el estudio del interés sobre la renta—, desempleo tecnológico y ciertos aspectos de factores que influyen en el crecimiento económico.[1] Pero cuando dirigimos nuestra atención a otros tipos de problemas el concepto es evidentemente menos útil. Y entre estos problemas está el del cambio tecnológico. El sistema no ofrece aclaración cuando hacemos preguntas que tratan sobre la forma en que el campo de alternativas tecnológicas existente nació, y qué fuerzas específicas las generaron.

Por supuesto, las cuestiones históricas no concuerdan con las cuestiones analíticas tan pronto como inquirimos con suma atención sobre el significado preciso de una parte única de una superficie de producción: la isocuántica. Las isocuánticas individuales se presentan por lo general para la conveniencia analítica como curvas leves y continuas que representan un amplio campo de alternativas de las intensidades variables de los factores. Constituyen un espectro de lo que Schumpeter llamaba «opciones elegibles».[2] El empresario es representado como si se enfrentara con estas alternativas de gráfica, y tomando la decisión de menor coste juntando estos datos *tecnológicos* con la información *económica* derivada del mercado.

Y con todo, aunque el significado *analítico* de esas isocuánticas es simple y claro, surgen cuestiones problemáticas cuando se introducen los hechos económicos pertinentes como ellos mismos se presentarían dentro de un contexto histórico. En particular: ¿en qué sentido exacto es probable que fuera el caso en que «se conociera» un amplio campo de alternativas tecnológicas? Ya que —para introducir un supuesto elemental de mi argumento— la producción de conocimiento es por lo general una actividad costosa, ¿por qué las alternativas tecnológicas que representan combinaciones de factores más allá de aquellas justificadas por los precios actuales deberían ser conocidas? ¿Por qué una sociedad, donde el precio del capital es bajo comparado con el del trabajo, debería tener a su disposición información detallada sobre técnicas de producción de trabajo intensivo?

Desde luego podemos derivar este conocimiento de la observación de otras sociedades, o incluso, en algunos casos, de nuestra historia. Podemos, por ejemplo, aprender técnicas de trabajo intensivo para construir grandes represas o panta-

nos consultando a los chinos. Estas posibilidades existen con claridad, y con todo la experiencia sugiere que la noción de un amplio campo de alternativas asequible con facilidad, como se sobreentiende en el dibujo de isocuánticas suaves y continuas, es en cierta manera ficción. Esto está confirmado por el modesto éxito en años recientes de la investigación de «Tecnologías intermedias» para países subdesarrollados. Estas tecnologías quizá sean *accesibles*, pero desde luego no se pueden lograr *con facilidad*. Además, las empresas orientadas al beneficio por lo general no comprometen recursos a la producción de conocimiento que no tiene importancia prospectiva para sus actividades productivas. De hecho, las empresas que comprometen cantidades sustanciales de recursos de esta forma, no es probable que sobrevivan mucho tiempo. ¿Por qué, como resultado, el fragmento conocido de una isocuántica debería ser un segmento relativamente pequeño, figura (a), y no una curva continua y suave, figura (b)?



Y, cuando sólo se conoce un pequeño campo de técnicas alternativas, ¿qué resulta de la distinción fundamental entre sustitución de factor y cambio tecnológico? Si, en respuesta a un cambio en el factor precios, una empresa tiene que comprometer recursos para establecer nuevas combinaciones de entradas óptimas, ¿no debería describirse la actividad conducente al nuevo conocimiento como cambio tecnológico y no como sustitución de factor? Está claro que el nuevo conocimiento es adquirido a través del mismo costoso proceso de investigación que por lo general asociamos con cambio tecnológico. Como ha afirmado Schultz: «Definiré la investigación como una actividad especializada que requiere cualificaciones y medios especiales que se emplean para descubrir y desarrollar formas especiales de *nueva información*, una parte de la cual adquiere las propiedades de información económica. Según esta definición, esta investigación es una *actividad económica* porque requiere escasos recursos y porque produce algo de valor.» [3] Cuando se requiere un sustancial gasto de investigación para lo que se llama «sustitución de factores», ¿qué queda de la base económica para la distinción entre cambio tecnológico y sustitución de factor? Además, cuando una serie de posibilidades de sustitución alternativa es conocida de hecho, estas posibilidades son el resultado de pasadas investigaciones. Las posibilidades de sustitución de factores *de hoy* son, en otras palabras, el producto de las exploraciones tecnológicas *de ayer*. Estos problemas no son ordinariamente planteados dentro del sistema de análisis microeconómico, en el que el interés se centra en la distribución óptima de recursos. Cuando el interés se dirige al análisis de productividad, y el comportamiento exacto de los datos tecnológicos se hacen muy importantes, estas cuestiones se introducen de forma inevitable. W. E. G. Salter, en su importante obra *Productivity and Technical Change*, Cambridge University Press, 1960, fue uno de los pocos que trató estas cuestiones seria y explícitamente. Sin embargo, después de una cuidadosa y sutil discusión de los posibles significados de la función de producción, Salter adoptó una interpretación según la cual la función de producción incluye «todos proyectos posibles» que pueden desarrollarse con el presente cúmulo de conocimientos, tanto si esos proyectos han sido ya desarrollados como si no.[4] La función de producción no abarca entonces sólo técnicas inmediatamente asequibles como gráficos archivados, sino también «el mucho más amplio campo de técnicas que podrían ser proyectadas con el cúmulo de conocimientos del momento».[5]

Ahora deseo argumentar que, cuando damos este último paso con Salter, en realidad estamos permitiendo que la sustitución de factor absorba gran parte del cambio tecnológico. Decir, con Salter, que el movimiento a lo largo de la isocuántica hacia puntos que todavía no son conocidos o logrados puede considerarse como sustitución de factores y no como cambio tecnológico, siempre que podamos llegar hasta ahí sin un incremento del cúmulo de conocimientos, es decir algo muy extraño —por lo menos como proposición *económica*—, pues éstos son puntos, como admite el mismo Salter, que no pueden obtenerse dentro del presente estado de conocimientos técnicos e industriales. Salter quiere decir, desde luego, que estos puntos son obtenibles dentro del presente estado de conocimientos *científicos*. Pero si los conocimientos adicionales

deben adquirirse a través de la investigación u otros costosos procesos de aprendizaje antes de que la producción pueda empezar en una nueva combinación de factores, ¿cuál es la importancia *económica* de los conocimientos necesarios cuando son de naturaleza científica o industrial? Dar gran importancia, como hacemos comúnmente, a esta distinción, es aceptar de manera implícita el criterio del científico estudioso de las ciencias naturales que estima los nuevos conocimientos científicos, pero que con frecuencia desdeña o por lo menos desprecia los conocimientos industriales o técnicos. Dados los intereses centrales del científico, sus actitudes son por completo legítimas para él. Pero no es evidente por qué el economista, con muy diferentes intereses, debería aceptar esa perspectiva. Después de todo, no son los conocimientos científicos los valores fundamentalmente en la esfera económica sino, más bien, los conocimientos en una forma que es directamente aplicable a la actividad productiva. Con certeza, ciertos conocimientos científicos se convertirán algún día en conocimientos de valor económico. Pero, con igual certeza, otros no.

El cambio tecnológico, sin duda, penetra en la economía a través de muchas puertas. Mi queja básica respecto a la presente conceptualización —que da gran fuerza a la distinción entre cambio tecnológico y sustitución de factores— es que más bien de forma arbitraria cierra algunas de estas puertas. Al hacer esto, pasa por alto la gran cantidad de empuje, día a día, del cambio tecnológico. La justificación analítica de la noción de variaciones claras en funciones de producción bien definidas, parece ser la de que algunos avances sensacionales en los conocimientos científicos traen con ellos nuevos y completos *campos* de combinaciones de factor más eficientes para producir una mercancía. En efecto, existe un fenómeno de «derrame», que afecta a varios puntos de una hipotética isocuántica y no sólo a uno. Esto sucede algunas veces, aunque necesitamos saber mucho más sobre la evidencia empírica para sostener este punto de vista. Pero el sistema analítico borra al mismo tiempo aquellas numerosas fuerzas de presión contra las fronteras de posibilidades de producción que hacen que se extiendan o fluctúen en regiones limitadas. Aunque la clase de movimientos en los que pienso son individualmente muy modestos, existe una gran evidencia para sugerir que son de mucha mayor importancia *de manera acumulativa*.[6]

La herencia schumpeteriana

Los prejuicios que lamento, que conducen al olvido del análisis de pequeños descubrimientos, fueron reforzados históricamente por el gran impacto del sistema schumpeteriano al modelar nuestro pensamiento respecto a estos temas. El mismo Schumpeter fue bastante explícito en que su análisis estaba proyectado para aplicarse sólo a las principales innovaciones de una clase que supusiese significativas variaciones respecto a una función de producción totalmente nueva.[7] Sin embargo, su influencia ha sido tan grande que, de hecho, su modelo se ha convertido en el aceptado para el análisis de *toda* actividad innovadora, no sólo de las principales. De esta manera hemos sido cargados con un sistema analítico que no reconoce de manera explícita o nos conduce a considerar recursos de mejoras de productividad distintos a aquellos que emanan de las principales innovaciones.

Las consecuencias de esto han sido en particular muy graves ya que nos han impedido entender el origen y naturaleza del cambio tecnológico. Pues a este respecto también hemos heredado los conceptos schumpeterianos que distinguen con agudeza entre invención, innovación, e imitación. En su insistencia en la clara naturaleza e importancia social del liderazgo,[8] Schumpeter resaltó aquella carismática figura, el empresario, que poseía el carácter, coraje y, sobre todo, visión requeridas para apartarse con brusquedad de las rutinas y prácticas admitidas. Las cualidades del liderazgo requeridas para innovar, argumentaba Schumpeter, sobrepasan con mucho las exigencias de subsecuentes imitaciones, ya que «tan pronto como los varios tipos de resistencia social a algo que es fundamentalmente nuevo y no experimentado han sido superadas, es mucho más fácil no sólo hacer lo mismo de nuevo sino también hacer cosas *similares* en distintas direcciones, de modo que un primer éxito producirá siempre un racimo de ellos».[9] Schumpeter quería resaltar la naturaleza discontinua de la actividad innovadora, pues el agrupamiento de innovaciones estaba en el centro de su teoría del ciclo económico. Como resultado, trazó el más agudo contraste entre invención e innovación: «la realización de la invención y la elaboración de la innovación correspondiente son, económica y sociológicamente, dos cosas por entero diferentes».[10] Dentro de la sucesión de 1) invención, 2) innovación y 3) imitación, la teoría de Schumpeter tuvo como resultado centrar la atención en las circunstancias que rodean e influyen en el acto de innovación. La actividad inventiva permaneció como un factor exógeno fuera de su

sistema. A intervalos irregulares, los empresarios *seleccionaban* algunas de estas invenciones y con ellas realizaban la introducción de una nueva función de producción. En este punto, cuando la forma tecnológica de la invención era tal que ya servía para la introducción y éxito comercial, entraba en el ruedo económico y provocaba crecimiento e inestabilidad. Pero la actividad inventiva nunca es examinada como una actividad continua, cuya naturaleza, tiempo y problemas especiales son importantes para las subsiguientes fases schumpeterianas de innovación e imitación. Es una actividad realizada fuera de escenario y del alcance de la vista. Las invenciones entraban en la escena schumpeteriana completamente desarrolladas y no como objetos o procesos cuyo desarrollo es asunto de explícito interés; tampoco las mejoras o modificaciones subsiguientes al invento son tratadas de significativas e importantes. Como resultado de ello, el invento aparece como fenómeno aislado, que es significativo por el impacto que adquiere a través de los procesos siguientes de innovación e imitación. Pero las *características* del proceso inventivo, y las fases a través de las cuales las invenciones se suceden en el camino hacia la total explotación y aplicación comercial, nunca emergen. Tampoco, como resultado, estas características o fases son examinadas de una forma que sirva para iluminar la decisión de innovación o el paso del proceso de difusión. La consecuencia de este aislamiento sucesivo de la invención y rígida segregación de los reinos tecnológico y económico es el fracaso en explotar los factores tecnológicos para ampliar nuestra comprensión de innovación y difusión. Según esto, los economistas que aceptan esta conceptualización están aislados de los factores tecnológicos que pueden: 1) contribuir a la regulación del tiempo de las innovaciones; 2) ligar las innovaciones específicas con el crecimiento resultante en la productividad de recursos, y 3) contribuir a la velocidad y dirección de difusión de innovaciones a través de la economía.

El proceso de innovación

Las dificultades creadas por nuestros actuales conceptos emergen con fuerza cuando examinamos la literatura que trata de las cuestiones centrales que afectan el proceso de innovación. Ya que los efectos que incrementan la productividad del cambio tecnológico empieza o se inicia con el proceso de innovación y no con el de invención, una cuestión central es:

¿qué determina la duración del intervalo de tiempo que separa la realización de una invención y su innovación?

Sorprendentemente, en vista de su preocupación por su actividad renovadora, Schumpeter nunca sometió esta cuestión a un sistemático examen. El proceso inventivo no le interesó realmente y por tanto tenía poco que ofrecer respecto al intervalo entre invención e innovación. El intento, citado con más frecuencia, fue el estudio de John Enos. En el curso de un valioso estudio sobre «Invention and Innovation in the Petroleum Refining Industry» (Invención e innovación en la industria de refinado del petróleo),[11] Enos reunió información concerniente a cuarenta y seis importantes innovaciones, once de las cuales trataban del refinado del petróleo. Sus datos básicos sobre innovaciones fuera del refinado del petróleo son reproducidas en la tabla 1.[12] Enos encuentra un intervalo medio de once años entre invención e innovación en la industria de refinado del petróleo y un intervalo medio de 13,6 años para las otras treinta y cinco innovaciones. Sin embargo, la variación observada es muy grande: desde setenta y nueve años en el caso de la lámpara fluorescente, cincuenta y seis para el compás giroscópico, y cincuenta y tres años en el caso de la máquina recolectora de algodón, hasta un año para refrigerantes y tres para DDT, el disco de larga duración, Plexiglas, y moldeado de concha. Enos también concluye que «las innovaciones mecánicas parecen requerir el menor intervalo de tiempo, siguiéndoles las innovaciones químicas y farmacéuticas. Las innovaciones electrónicas necesitaron tiempo más largo. El intervalo es más corto cuando el inventor intenta innovar que cuando se contenta meramente con revelar el concepto general».[13] Más importante para nuestros propósitos es el procedimiento para fechar invenciones e innovaciones, ya que estos procedimientos determinan de manera evidente la naturaleza de sus hallazgos o descubrimientos. Enos identifica la fecha de una invención como «la primera concepción del producto en su forma sustancialmente comercial» e innovación como «la primera aplicación comercial o venta».[14]

La cuestión que se plantea es: ¿qué significación económica tenemos que dar al intervalo de tiempo entre invención e innovación cuando estos términos están definidos de esta manera? Una práctica común es etiquetar el intervalo como «retraso», para introducir factores que contribuyan a este retraso, y para determinar si este retraso es más largo o más corto.[15] Esta última cuestión es en particular interesante al intentar confirmar o desaprobar la intuición muy generalizada de que el ritmo de progreso tecnológico se ha acelerado en las

Tabla 1. *Intervalo de tiempo entre invención e innovación para treinta y cinco diferentes productos y procesos.*

Invención			Innovación		Intervalo entre invención e innovación (años)
Producto	Inventor	Fecha	Empresa	Fecha	
Maquinilla de afeitar de seguridad	Gillette	1895	Gillette Safety Razor Company	1904	9
Lámpara fluorescente	Bacquerel	1859	General Electric, Westinghouse	1938	79
Televisión	Zworykin	1919	Westinghouse	1941	22
Telégrafo sin hilos	Hertz	1889	Marconi	1897	8
Teléfono sin hilos	Fessenden	1900	National Electric Signaling Company	1908	8
Tubo de vacío con tres electrodos	de Forest	1907	The Radio Telephone and Telegraph Company	1914	7
Radio (oscilador)	de Forest	1912	Westinghouse	1920	8
Máquina de hilar	Hargreaves	1765	Hargreaves'	1770	5
Hiladora (telar hidráulico)	Highs	1767	Arkwright's	1773	6
Hiladora mecánica intermitente	Crompton	1779	Fabricantes de maquinaria textil	1783	4
Máquina de vapor	Newcommen	1705	Empresa inglesa	1711	6
Máquina de vapor	Watt	1764	Boulton and Watt	1775	11
Bolígrafo	I. J. Biro	1938	Empresa argentina	1944	6
Máquina segadora de algodón	A. Campbell	1889	International Harvester	1942	53
Tejidos inarrugables	Company scientists	1918	Tootal Broadhurst Lee Company, Ltd.	1932	14
DDT	Company chemists	1939	J. R. Geigy Co.	1942	3
Precipitación eléctrica	Sir O. Lodge	1884	Cottrell's	1909	25
Refrigerante Freon	T. Midgley, Jr., A. L. Henne	1930	Química cinética Inc. (General Motors and Du Pont)	1931	1
Compás giroscópico	Foucault	1852	Anschütz-Kaempfe	1908	56
Endurecimiento de grasas	W. Normann	1901	Crosfield's of Warrington	1909	8
Motores de reacción	Sir F. Whittle	1929	Rolls Royce	1943	14
Turbomotores de reacción	H. von Ohain	1934	Junkers	1944	10
Discos de larga duración	P. Goldmark	1945	Columbia Records	1948	3
Grabación magnética	V. Poulsen	1898	American Telegraphone Co.	1903	5
Plexiglas, lucita	W. Chalmers	1929	Imperial Chemical Industries	1932	3
Nylon	W. H. Carothers	1928	Du Pont	1939	11
Energía dirigida	H. Vickers	1925	Vickers, Inc.	1931	6
Radar	Marconi; A. H. Taylor, L. Young	1922	Société Francaise Radio Electrique	1935	13
Reloj automático	J. Harwood	1922	Harwood Self-Winding Watch Co.	1928	6
Vaciado de revestimiento	J. Croning	1941	Fundición de Hamburgo	1944	3

Tabla 1. *(Cont.).*

Invención			Innovación		Intervalo entre invención e innovación (años)
Producto	Inventor	Fecha	Empresa	Fecha	
Estreptomicina	S. A. Waksman	1939	Merck and Co.	1944	5
Terylene, dacron	J. R. Whinfield, J. T. Dickson	1941	Imperial Chemical Industries, Du Pont	1953	12
Reducción de titanio	W. J. Kroll	1937	U.S. Government Bureau of Mines	1944	7
Xerografía	C. Carlson	1937	Haloid Corp.	1950	13
Cremallera	W. L. Judson	1891	Automatic Hook and Eye Company	1918	27

Fuentes: maquinilla de afeitar de seguridad: G. B. Baldwin, «The Invention of the Modern Safety Razor: A Case Study of Industrial Innovation», en *Explorations in Entrepreneurial History*, diciembre de 1951, p. 74.
Lámpara fluorescente, A. A. Bright y W. R. Maclaurin, «Economic Factors Influencing the Development and Introduction of the Fluorescent Lamp», en *Journal of Political Economy*, octubre de 1943, p. 436.
Televisión, W. R. Maclaurin, «Patents and Technical Progress. A Study of Television», en *Journal Political Economy*, abril de 1950, pp. 145 a 153.
Telégrafo sin hilos, teléfono sin hilos, tubo de vacío con tres electrodos, oscilador: W. R. Maclaurin, *Invention and Innovation in the Radio Industry*, Macmillan, Nueva York, 1949, pp. 15, 16, 33, 59, 67, 74, 85 y 112.
Máquina de hilar, telar hidráulico, hiladora mecánica intermitente, máquinas: P. Mantoux, *The Industrial Revolution in the Eighteenth Century*, 2.ª ed., Macmillan, Nueva York, 1927, pp. 220 a 223, 228 a 235, 241 a 243, 323, 324, 327 a 336.
El resto: J. Jewkes, D. Sawers y R. Stillerman, *The Sources of Invention*, Macmillan, Londres, 1958, pp. 263 a 410.

Reproducido de John Enos, «Invention and Innovation in the Petroleum Refinig Industry», en *The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton University Press, 1962, pp. 307 y 308.

últimas décadas. Pero «la primera concepción del producto en su forma sustancialmente comercial» nos dice poco, si algo nos dice, del éxito tecnológico que se ha logrado al *incorporar* la concepción en forma material, y no nos dice nada en absoluto sobre la *posibilidad económica* de la concepción, aun cuando la posibilidad técnica haya sido establecida por completo. Sin lugar a dudas estas fechas de invención carecen de cualquier

racionalidad económica consistente. Aun ignorando las evidentes ambigüedades de la definición —¿hasta qué punto es sustancial ese «sustancialmente»?— las invenciones pueden verificar el criterio sin aproximarse a la posibilidad técnica. ¿«Inventó» Galileo el reloj de péndulo cuando conceptualizó sus principios esenciales aunque este reloj no fuera nunca construido durante su vida? Mientras que para algunas invenciones pueden no existir graves obstáculos técnicos para su ejecución una vez que la idea básica ha sido establecida,[16] para otras invenciones estos obstáculos son formidables y sólo pueden ser superados tras consumir investigación y experimentación.

Esto puede confirmarse con facilidad consultando historias de casos individuales en la obra de John Jewkes y otros, *The Sources of Invention*, Norton, 1969, de la que Enos ha tomado la mayor parte de su información concerniente a invenciones al margen del refinado del petróleo. Fechar la invención de la lámpara fluorescente en 1859, el compás giroscópico en 1852, la cosechadora de algodón en 1889, el cierre de cremallera en 1891, el radar en 1922, el motor de propulsión a chorro en 1929 o la xerografía en 1937, es seleccionar años en los que se dieron importantes pasos hacia adelante. Pero en ninguno de estos años el producto estuvo comprometido ni remotamente próximo a un estado de posibilidad técnica. Fechar estas invenciones, partiendo de una conceptualización básica inicial de un producto o proceso, es repetir la injustificable práctica, censurada con anterioridad, de rebajar las formas tecnológicas industriales de conocimiento. La aproximación afirma, en efecto, que tan pronto como los básicos avances conceptuales o intelectuales se han realizado, todos los problemas «reales» están resueltos. Podría afirmarse también que la bombilla de luz eléctrica fue inventada en 1802 por Humphry Davy cuando demostró por vez primera la incandescencia inducida por electricidad. Pero en ninguno de estos casos el año en cuestión coincide con la disponibilidad de un nuevo producto o proceso. La variable duración de los «retrasos» refleja, en parte, diferencias en la complejidad de los problemas técncios que han de ser resueltos antes de que una invención se haga comercialmente posible. Además, la duración varía debido a la selección bastante arbitraria de una única fecha fuera de una actividad inventiva continua y prolongada. En algunos casos las fechas con las que se identifica la invención corresponden muy de cerca a la fecha en la cual los problemas técnicos fueron resueltos de una manera razonablemente buena —en cuyo caso el retraso parece corto—. Sin embargo, en otros casos las fechas seleccionadas parecen basarse más en «la primera concepción»,

una fecha en la que la mayor parte de los problemas técnicos más importantes todavía quedaban por resolver, en cuyo caso el retraso es largo.

La práctica que estoy criticando se repite con muchas variantes. En industrias que emplean procesos químicos, repetidas veces encontramos situaciones en las que se conoce un material nuevo y en las que las técnicas para producirlo, bajo condiciones de laboratorio, son conocidas, y con todo no se ha establecido todavía un método para producirlas en cantidades suficientes para su comercialización. Esto sucedió por ejemplo con los primeros polímeros que W. H. Carothers había producido con equipo de cristal en los laboratorios Du Pont.[17] De forma similar el polietileno, «uno de los plásticos modernos más útiles», es un excelente ejemplo de invención que pudo ser producida en condiciones experimentales durante muchos años antes de que fueran desarrollados los medios para producirlo comercialmente.[18] Lo mismo puede decirse del ácido tereftálico, materia esencial en la producción de terileno, una de las más importantes fibras sintéticas,[19] y también de titanio.[20] En otros casos una innovación ha requerido la disponibilidad de materiales ya en producción, pero de un grado de pureza no obtenido hasta entonces. El desarrollo del transistor, por ejemplo, esperaba la disponibilidad del germanio de alta pureza y más tarde del silicio.[21] El método a base de oxígeno para la fabricación del acero había sido recomendado desde tan antiguo como en la patente básica británica de Bessemer, en 1856.[22] Sin embargo, el método no fue factible hasta que fue posible producir oxígeno puro a gran escala —una posibilidad no realizada hasta tres cuartos de siglo más tarde—. Olvidar las actividades resultantes de estos incrementos de conocimientos técnicos es olvidar un factor determinante y decisivo del tiempo de innovación y crecimiento de la productividad.

Finalmente, por su parte, traer una invención al punto de posibilidad *técnica* o viabilidad es muy diferente a establecer su superioridad *económica* sobre técnicas existentes. Esto requiere continuar mejorando sus características de rendimiento, con frecuencia de formas nada espectaculares o llamativas. Las primeras versiones factibles del motor diesel padecían un peso excesivo que las hacía ineficientes económicamente, lo mismo que la locomotora 1804 de Trevithick, además de generar una insuficiente capacidad de vapor, era también demasiado pesada para ser empleada en los raíles de hierro colado de aquel tiempo. Un helicóptero de viabilidad comercial requería la disponibilidad de materiales que pudieran proporcionarle motores ligeros de peso. Las primeras versiones del motor a pro-

pulsión a chorro adolecían de características de bajo rendimiento inaceptables hasta que se lograron materiales que resistieron las altas temperaturas y presiones.[23] En un período anterior, la introducción de la máquina de vapor compuesta, que transformó la navegación oceánica durante casi un siglo, tuvo los mismos problemas. Aunque la máquina de vapor compuesta había sido patentada a finales del siglo XVIII, su introducción con éxito esperó por mayores avances en las técnicas de fabricación del acero que harían posibles la producción de láminas y tubos de caldera de alta calidad que eran tan esenciales para obtener alta presión y el ahorro de combustible.[24]

Esta discusión me coloca en la extraña pero inevitable posición de tener que criticar a los economistas por prestar una insuficiente atención a los aspectos *económicos* de la actividad inventiva. Pero es un hecho que mucha de la literatura sobre innovación y difusión *asume* la existencia de una provechosa invención e intenta entonces explicar el retraso en su adopción.[25] La atención se centra entonces en factores como características de los usuarios potenciales, defectos en sistemas de comunicación y corrientes de información imperfectas, ignorancia, actitudes frente al riesgo, inseguridad, factores sociales y culturales que producen «resistencias al cambio», etc.[26] Es innecesario decir que estos temas de análisis son muy adecuados para la comprensión de innovación y difusión. Sin embargo, los estudios de este tipo casi ignoran la cuestión fundamental de si en realidad existe o no una invención provechosa o aprovechable. Con claridad si no es así no existe retroceso que explicar. El potencial aprovechamiento de una invención supone, por su parte, un cuidadoso examen de la acumulación de pequeños avances técnicos del invento a lo largo del tiempo, sus implicaciones en la alteración de las características de rendimiento en términos económicos, y como resultado una comparación de costes de la nueva tecnología con las tecnologías alternativas ya disponibles.

Por ejemplo, se sabía ya hacía mucho tiempo que la goma sintética era técnicamente factible. Toda la investigación científica básica se había completado antes del estallido de la primera guerra mundial. Si tuviéramos que observar el lapso en que se estableció su viabilidad técnica, y el momento en que fue introducida, y llamar al intervalo «retraso», el término sería desencaminado y erróneo. Lo que es de fundamental interés al introducir un nuevo producto es su posibilidad económica. Mientras la goma natural fue asequible a bajo costo, como lo era en años de entreguerra, las perspectivas económicas para la goma sintética eran muy oscuras. La goma sintética adquirió

importancia económica cuando las circunstancias de la guerra redujeron de manera aguda la oferta de goma natural, elevaron su precio y, como resultado, mejoraron de forma drástica las perspectivas económicas del producto sintético.[27] El conocimiento, a lo largo de varias décadas anteriores, de que técnicamente era posible producir goma sintética, no constituye evidencia de retraso. Hasta las condiciones económicas generadas por la segunda guerra mundial, toda evidencia sugería que la goma sintética constituía una tecnología inferior desde el punto de vista de la economía. De forma similar, la baja tasa de introducción de plantas generadoras de energía atómica en Estados Unidos en el pasado cuarto de siglo, a pesar de que la posibilidad técnica había sido establecida con solidez y firmeza, ha de ser explicada según su incapacidad para competir con la alternativa de fósiles tecnologías de combustible. Esta situación puede cambiar con rapidez en el futuro inmediato. Pero no tendría sentido hablar de retrasos de dos o tres décadas, si por retraso pretendiéramos significar *retraso en la introducción de tecnologías económicamente posibles*. Es evidente que la sustitución de una nueva tecnología por otra establecida necesita entenderse como resultado de la combinación de fuerzas que presionan hacia abajo el cuadro de ofertas para la nueva tecnología y elevan la misma lista para la vieja.

En su deseo de resaltar las discontinuidades que supone el proceso de innovación, y el afán de rechazar o apartarse de prácticas pasadas, el análisis schumpeteriano ha sido erróneo en otro aspecto fundamental. Las innovaciones no suelen suponer un rechazo total de prácticas anteriores sino más bien un rechazo selectivo. El éxito comercial con las innovaciones tecnológicas por lo general envuelve o implica una cuidadosa discriminación de aquellos aspectos de prácticas pasadas que necesitan ser rechazadas y aquellos que necesitan ser continuados. Aunque no se ha resaltado en la literatura sobre economía empresarial, los empresarios con éxito tuvieron un penetrante poder de discernimiento en lo que respecta particularmente a la evaluación de la naturaleza de la demanda para el nuevo producto o servicio. Por ejemplo, Thomas Edison, al introducir la lámpara incandescente, hizo primero un cuidadoso estudio de la industria del gas. Mientras introducía un producto de una gran novedad técnica, de forma deliberada también basó muchas de sus prácticas en las de la vieja industria del gas. El genio *comercial* de Edison residía en una conciencia muy perspicaz de aquellos aspectos en los que la innovación necesitaba continuidad así como discontinuidad.[28]

Difusión y desarrollo

Las críticas que he dirigido hasta ahora contra la artificial segregación de la invención respecto a la innovación, se pueden aplicar a la segregación de la invención respecto a la difusión. La innovación es sólo el comienzo del proceso de difusión. Sin embargo, también aquí hemos heredado del sistema schumpeteriano una aguda disyunción que resalta el alto nivel de liderazgo y creatividad implicado en la primera introducción de una nueva técnica comparada con la mera actividad de imitación de los subsiguientes adoptantes. También aquí, como resultado de ello, el análisis del proceso de difusión no se centra en las continuadas alteraciones y adaptaciones tecnológicas e industriales, cuyos efectos acumulativos influyen de forma decisiva en el volumen y tiempo de la comercialización del producto. El proceso de difusión depende de una corriente de mejoras en las características de rendimiento de una innovación, su modificación y adaptación progresiva para acomodarse a las necesidades especializadas de los distintos submercados, y la disponibilidad e introducción de otras entradas complementarias que afectan de forma decisiva la utilidad económica de una innovación originaria. En otro lugar me he referido a estos aspectos del proceso de difusión relacionados entre sí y por lo tanto no intentaré reproducir aquí la evidencia que lo apoya.[29] Sin embargo, es necesario hacer un par de puntualizaciones.

Es posible afirmar que estas distintas actividades de postinnovación implican niveles de creatividad e imaginación de un orden más bajo que la innovación original —que son quizás asuntos de rutina industrial—. Si bien esto con frecuencia —quizás hasta casi siempre— es cierto, de ninguna manera debe reducir nuestro interés por estas actividades en cuanto que nuestro mismo interés se centra en un problema económico y en consecuencia también de índole económica. Estas actividades son primordiales en la marcha del proceso de difusión. Económicamente es absurdo considerar que la innovación del automóvil se había logrado ya cuando había unos pocos búfalos que corrían por el campo aterrando caballos. La innovación, hablando en términos económicos, no es un acto único y bien definido sino una serie de actos muy unidos al proceso inventivo. La innovación adquiere importancia económica sólo a través de un proceso extensivo de rediseño, modificación, y mil pequeñas mejoras que le convienen para el mercado de masas, para la producción por medio de nuevas técnicas de producción masiva, y por la eventual imposibilidad de un completo

campo de actividades complementarias que van, en el caso del automóvil, desde una red de estaciones de servicio a un sistema extensivo de carreteras pavimentadas. Estas últimas medidas, aun cuando conllevan poca novedad científica, o nuevas formas de genuino conocimiento, constituyen usos y aplicaciones del saber del cual emanan las mejoras de productividad de la actividad innovadora.

Estas observaciones se aplican también a lo que específicamente se llama el componente de «Desarrollo» de «investigación y desarrollo» (Research and Development). Aunque en los pasados veinte años hemos crecido acostumbrados a esta frase, se ha prestado poca atención al componente de desarrollo. Es verdad que, por lo general, no se comprende que en años recientes dos terceras partes de los gastos de R y D consistieron en gastos de desarrollo, menos del 15 % fue de investigación básica y ligeramente encima del 20 % fue aplicada a la investigación.[30] Los economistas han exhibido un notable desinterés por el proceso de desarrollo. Una comprensible dificultad que lo justifica es que el asunto se ha convertido en algo semejante a una terminal de autobuses (como el sector de «servicios» de la economía) y por tanto incluye muchas cosas discordes y disparatadas. Incluye la trivial diferenciación de productos que puede ser importante desde el punto de vista de la mercadotecnia —alterar el color de los lápices labiales o hacer un nuevo diseño del extremo posterior del automóvil de modo que se parezcan más al interior de una máquina de *pimball*— pero que no plantean serios problemas tecnológicos. Puede implicar soluciones a problemas que, desde un punto de vista tecnológico, pueden no ser ni difíciles ni interesantes, pero económicamente muy importantes.[31] Puede, por otro lado, implicar la solución de problemas tecnológicos fundamentales sin la cual una idea carece por completo de posibles aplicaciones comerciales. La difusión de una innovación es inseparable de aquellas actividades tecnológicas en curso que varían, a menudo de forma imperceptible, la retribución privada de los adoptadores individuales.

El olvido relativo del proceso de desarrollo puede contribuir también a no proporcionar explicaciones más coherentes de las que en la actualidad existen para las importantes diferencias de rendimiento entre los países respecto a la explotación comercial de nuevas tecnologías. Como afirma un reciente estudio de la OECD: «Hay... una conclusión que parece irrefutable. Las empresas estadounidenses han convertido en productos comercialmente afortunados los resultados de investigaciones e

invenciones fundamentales originadas en Europa. Pocos casos se han encontrado en el proceso inverso.» [32]

Las razones de esta superioridad norteamericana *vis-à-vis* con Europa occidental no son simples. Probablemente implican capacidad de organización y dirección muy sutil, parte de la cual ni siquiera hemos llegado a identificar con precisión.[33] Lo que quiero sugerir, por el momento, es que una parte importante de la explicación puede residir en el conjunto de actividades no muy bien definidas que llamamos desarrollo en contraposición de lo que llamamos investigación. De forma característica, sin embargo, se dedica por lo general mucha más atención al componente investigación que al de desarrollo, aun cuando el último, para Estados Unidos, es con mucho la mayor proporción de los gastos totales de R y D.[34] De igual manera es interesante y sugestivo el hecho de que, si examinamos los gastos de R y D entre los países miembros de la OECD a principios de la década de 1960, hallamos que Estados Unidos tuvo una proporción más alta de gastos en el componente desarrollo que cualquier otro país.[35]

Implicaciones para el estudio de la innovación tecnológica

Concluyo, pues, que nuestra conceptualización dominante de la innovación ha servido, en muchos aspectos básicos, más para oscurecer que para clarificar el proceso de innovación tecnológica. Esto se ha producido al crear disyunciones conceptuales artificiales entre actividad innovadora y otras actividades con las que no está ligada, pero que de hecho constituyen partes importantes del proceso histórico de innovación. Se ha debido principalmente al hecho de emplear conceptos que no reconocen de forma explícita los esquemas o patrones de sucesos a nivel tecnológico. Como resultado de ello, 1) limitamos nuestro concepto de innovaciones a rasgos y características que suelen ser sólo propios de importantes innovaciones; 2) nos centramos desproporcionadamente en las discontinuidades y olvidamos las continuidades en el proceso de innovación; 3) concedemos excesiva importancia al industrial y otras formas «más bajas» de conocimiento, y 4) concedemos excesiva relevancia a las primeras fases del proceso de invención y relegamos u olvidamos las últimas y cruciales fases.

Sugiero, por lo tanto, que nuestra conceptualización actual sirve como barrera intelectual a una mejor comprensión de la naturaleza del crecimiento económico. Al buscar una identificación más estrecha con los valores y compromisos al cientifico dedicado a las ciencias naturales, el economista se ha separado de forma inadvertida del estudio de tipos de conocimientos que deberían ser los útiles de cualquier interesado en el crecimiento económico a largo plazo. ¿Cómo y dónde el sistema económico genera información útil en cuanto a la tecnología? ¿Qué clases de fuerzas proporcionan los móviles? ¿Qué condiciones llevan a la acumulación provechosa de tal conocimiento? ¿Qué condiciones alientan su rápida aplicación? Sólo planteando estas cuestiones «de bajo nivel» será posible llegar a entender la naturaleza del cambio tecnológico en toda su riqueza y diversidad. Pues el cambio tecnológico en su aspecto económico implica la confrontación con innumerables y pequeños incrementos de la reserva de conocimiento que, desde un punto de vista estrictamente científico, carecen por completo de interés. Desde luego gran parte del conocimiento resiste incluso a una afirmación o codificación normalizadas. Aunque hemos hecho concesiones al reconocimiento de algunos elementos de tales formas de conocimiento, acuñando el bárbaro solecismo «conocimiento», los economistas han mostrado una significativa falta de curiosidad por el tema.

La esencia del conocimiento tecnológico es la que se ocupa no de lo general o universal, sino de lo específico y particular. En agricultura, gran parte de este conocimiento es de situación específica. ¿Qué variedades de semillas se darán mejor en una situación geográfica específica con su combinación única de lluvia, ritmos diurnos, química del suelo, topografía, etc? ¿Qué características pueden manejarse genéticamente en nuevas variedades de semillas para mejorar el rendimiento futuro de la cosecha? En la explotación de los recursos minerales, las enormes variaciones en la riqueza de los depósitos minerales plantean una serie sin fin de problemas tecnológicos, cuando descendemos de la explotación de recursos de alta calidad a la de recursos de calidades progresivamente más bajas. Técnicas como el beneficiar menas de taconita de bajo grado, mejoras en la tecnología de reducción a pulpa del sulfato que hizo posible que la industria de la pulpa de madera explotase el pino meridional de rápido crecimiento que antes era no utilizable, la mejora del diseño de calderas para evitar la fuga a altas presiones, el desarrollo de nuevas aleaciones con puntos de fusión más altos, todas estas técnicas son procesos de poco interés científico, tratando como tratan de las características detalladas de un material o transformación en circunstancias muy específicas. Con todo, son precisamente estas formas de conocimiento tecnológico las responsables en forma directa de la generación de mejoras en el rendimiento productivo. Los economis-

tas que consideran estos problemas con desdén y que no investigan las condiciones que influyen en la velocidad o el ritmo de acumulación y aplicación de estas formas específicas de conocimiento, permanecerán tristemente ignorantes de una importante fuente de crecimiento de la productividad.

Implicaciones en el estudio de las innovaciones de las ciencias sociales

¿Qué sugiere esta discusión de la innovación tecnológica sobre la innovación en las ciencias sociales y en particular en las económicas? La innovación en las ciencias sociales es un proceso más complicado que en las ciencias naturales ya que existe una alteración recíproca entre el cuerpo de pensamiento de una disciplina de ciencia social madura como la economía, y nuestros actuales problemas y preocupaciones. Estos asuntos «externos» influyen y vuelven a centrar de manera continua nuestros intereses disciplinarios de formas que no tienen clara contrapartida en las ciencias naturales.

Sugiero que, lo que sucede con frecuencia en la economía es que, cuando el interés se centra sobre un problema particular —inestabilidad económica, presión de población, crecimiento económico, insuficiencia de recursos naturales, polución ambiental— un número cada vez mayor de profesionales dedican su tiempo y energía a él. Entonces nos damos cuenta de que en la anterior literatura se dio todo tipo de tratamiento al tema. Ya que el interés por el problema era menor en pasados tiempos, éste no fue atacado de una forma total y continua. Cuando ahora examinamos el problema más sistemáticamente, desarrollamos un mayor aprecio por los anteriores estudiosos que en cierto sentido anticiparon los futuros avances. Entonces procedemos a interpretar gran parte de nuestra comprensión actual, tan sofisticada en la obra de anteriores escritores cuyos análisis eran más fragmentarios e incompletos que los logros posteriores. Esta visión retrospectiva fue la que sin lugar a dudas inspiró a Whitehead para decir, en alguna parte, que todo lo importante ha sido dicho antes, pero por alguien que no lo descubrió. El punto importante, me parece, es que lo que cuenta realmente es la sistematización. Las ideas básicas existen a menudo durante mucho tiempo sin tener un impacto significativo. Desde el punto de vista de la disciplina de la economía *post-Leontief*, es evidente que la tabla económica de Quesnay era en realidad un modelo primitivo de entradas-salidas.[36] Pero no puede subrayarse con demasiada fuerza que esto

no fuera evidente para Quesnay o para cualquiera de sus contemporáneos. En cierto sentido, se puede decir que Leontief «meramente» articuló las interconexiones sectoriales de un modo sistemático y consistente en sí mismo; pero sin esta articulación lo que tenemos es un brillante punto de vista mas no una herramienta operacional.

Existe un peligro real, análogo al problema que he discutido con anterioridad, de conceder excesiva relevancia a los avances sensacionales en las primeras fases del proceso inventivo olvidando las fases posteriores. Por lo general, las buenas ideas adquieren importancia sólo cuando son perfeccionadas y elaboradas y han pasado por lo que con frecuencia es un proceso exhaustivo de paciente modificación y revisión. Sólo entonces se hacen útiles en un sentido operacional. Creo que subestimamos gravemente, no sólo la relevancia de estas últimas fases en el proceso de innovaciones de las ciencias sociales, sino que también subestimamos en grado sumo el completo alcance y complejidad de la tarea y por tanto la magnitud de la realización intelectual implicada. La contabilidad de la renta nacional puede desde luego remontarse por lo menos a la obra de Gregory King, *Natural and Political Observations and Conclusions upon the State and Condition of England* (1696), pero sólo los monumentales trabajos de Simon Kuznets sobre los problemas conceptuales básicos y técnicas de estimación proporcionaron un juego inestimable de herramientas para la medición, análisis y formulación política. Sólo después que Kuznets —que con certeza no concibió la idea básica— hubo resuelto muchos de los arduos y persistentes problemas, tuvimos, por vez primera, una viable y valiosa innovación de las ciencias sociales.

Después de que la innovación básica intelectual de la contabilidad de la renta nacional fue publicada en la primera obra de Kuznets sobre el tema, la posterior difusión de la innovación fue muy selectiva en su naturaleza, reflejando no sólo los problemas «internos» sino también la importancia de la innovación respecto a intereses particulares del mundo real. Así pues, dada la naturaleza de las prioridades sociales cuando fue publicada la primera obra de Kuznets, la atención se centró en sus medidas de salida que fueron muy útiles para tratar las cuestiones de empleo. Su planteamiento de las medidas de bienestar recibieron mucha menos atención en aquel momento. El actual intento de Nordhaus y Tobin y otros para proporcionar medidas de bienestar, representa una reversión a otra dimensión de la primera obra de Kuznets que fue relegada por mucho tiempo, pero que ahora reaparece como resultado de nuestras

actuales preocupaciones respecto a los problemas ambientales de polución, congestionamiento, etc.

Incluso en un espacio de tiempo mucho más corto, es importante señalar que las innovaciones conceptuales en las ciencias sociales, como las innovaciones tecnológicas, suelen ser muy imperfectas en sus primeras fases, hasta que han pasado por una fase de lo que A. P. Husher al hablar de las invenciones tecnológicas, llamaba «revisión crítica». Esta revisión crítica es muy visible una década después de la publicación de *General Theory*, de Keynes, en 1936 —probablemente la innovación intelectual más notable dentro de la economía en el siglo XX—. En un sentido formal la revolución no pudo completarse hasta después de una década de controversia constructiva, durante la cual se hicieron importantes revisiones, aclaraciones y modificaciones por parte de colaboradores como Hicks, Harrod, Ohlin, Modigliani y Lange. De modo que las importantes innovaciones no sólo tienen una línea —en ocasiones una larga línea— de antecedentes identificables con claridad, sino que hay una fase crítica posterior, que sigue a la innovación principal, la cual nos traslada del punto de vista principal a la final «comerciabilidad» científica y por tanto amplia difusión.

La analogía con la innovación técnica puede extenderse a un escalón superior. He resaltado antes que existen importantes relaciones de complementaridad que contribuyen a la difusión de la innovación. Es un fenómeno muy común que el éxito de una innovación dependa de una manera peculiar de la disponibilidad de otras entradas, que algunas veces requieren innovación adicional. Por lo común, en las ciencias sociales, esta entrada complementaria a una innovación es, simplemente, un dato empírico importante, sin el cual la posterior explotación de la innovación, o prueba de hipótesis adicionales, es imposible. Por ejemplo, gran parte de la teorización respecto a las propiedades de la función de consumo no produjo resultados interesantes hasta la disponibilidad —asimismo, producto en gran manera de las primeras estimaciones de Kuznets respecto a la renta nacional— de abundantes datos de series de cortes temporales que permitieron la comprobación de hipótesis alternativas. Asimismo, el trabajo precursor de Frisch y Tinbergen en la construcción del modelo econométrico no hubiera sido tan importante de no ser por el nacimiento de una también importante innovación tecnológica —el computador— que hizo posible resolver grandes sistemas de ecuaciones. Tenemos aquí una estrecha complementaridad entre innovaciones de dos zonas completamente independientes, la tecnología electrónica y la teoría económica. Por último, las innovaciones individuales de las ciencias sociales es posible que hayan tenido un impacto exagerado a causa de su acaecimiento simultáneo o casi simultáneo con *otras* innovaciones de las ciencias sociales. Parece muy plausible que el impacto de la revolución keynesiana hubiera sido mucho menor de no ser porque ocurrió casi al mismo tiempo —durante la década de 1930— en que se realizaban por vez primera estimaciones dignas de crédito o fidedignas de la renta nacional. El gran y primer impacto de la revolución keynesiana se debió, en gran medida, al hecho de que los datos empíricos empezaban a hacerse asequibles, lo que permitía «conectar» con los modelos macroeconómicos keynesianos.[37]

Uno de los aspectos más intrigantes del proceso de innovación en la economía ha sido la notable falta de atención que se ha dedicado a este importantísimo fenómeno del cambio económico hasta años muy recientes. En lo que Baumol ha llamado la «dinámica magnífica» de la economía clásica ha tenido un papel claramente secundario. En la economía neoclásica la innovación tecnológica fue una de las fuerzas excluidas de manera explícita del sistema de análisis. Marx, desde luego, consideraba que el cambio tecnológico era de todo punto central en el análisis del desarrollo capitalista, pero él fue considerado fuera de lugar y este aspecto de su obra no influyó de forma perceptible en la corriente principal del pensamiento económico. Sin embargo, ¿por qué la obra de Schumpeter no ejerció mucha mayor influencia en dirigir por lo menos a los economistas hacia el estudio de la innovación tecnológica?

Hay una variedad de posibles razones: una es que Schumpeter, o mejor dicho la obra de Schumpeter, no fue oportuna en su tiempo. Su principal obra, *The Theory of Economic Development*, apareció en un momento (1912) en que la principal tradición neoclásica estaba todavía muy preocupada con explicar los principios de la óptima distribución de recursos dentro de un sistema estático de análisis. Su *Business Cycles* tuvo la desdicha de aparecer en escena en 1939, poco después de la publicación de la *General Theory*, de Keynes, y en consecuencia recibió escasa atención.[38] Su *Capitalism, Socialism and Democracy* apareció en 1942 y fue absorbido por la segunda guerra mundial.

Aunque no pretendo sugerir que el tratamiento que Schumpeter dio a la innovación tecnológica no ejerciera influencia, creo que es correcto decir que, cuando los economistas prestaron atención al fin a este tema de un modo serio y formal a mediados de la década de 1950, habían sido empujados hasta él por otras fuerzas. Entre otras cosas, Schumpeter subrayaba

los componentes no racionales de las decisiones de innovación, la dependencia del carismático liderazgo social que denominó «empresarismo». Como resultado de esto, su obra no parece haber inspirado a nadie a analizar con cuidado los componentes microanalíticos del proceso de innovación. Además, su desafortunada insistencia en la naturaleza exógena de la actividad inventiva, fomentó la creencia de que no era una actividad dócil a los instrumentos del análisis económico. El aumento de interés por el cambio tecnológico en la década de 1950 parece haber sido sobre todo producto de una creciente preocupación por el desarrollo económico a largo plazo, que por su parte estaba unida estrechamente, aunque no de forma única, a una preocupación por las perspectivas económicas de las zonas coloniales pobres liberadas hacía poco. Sin embargo, el suceso crítico que despertó a la profesión de la economía de su dogmático sueño, fue el descubrimiento del Residual por Abramovitz y Solow, en la década de 1950 y la aceptación de que sólo una fracción más bien pequeña del observado crecimiento a largo plazo en la salida per cápita americana podría estimarse por el mero crecimiento en la oferta de entradas medidas de manera convencional.[39] El interés consecuente en los beneficios de todo el factor de productividad,[40] al que se había dedicado una importante proporción de los recursos de la profesión en los pasados quince años, representa un intento de enfrentarse a los *puzzles* internos que han surgido dentro de la disciplina, como oposición a una literatura independiente que ha estado interesada de manera explícita en desarrollar un cuerpo de análisis apropiado para la formulación de la política económica en los países pobres. Esta última corriente de investigación que ha estado tan directamente interesada en los problemas de la política inmediata, ha sido muy inferior en la calidad de sus contribuciones, y ha tenido un impacto menos fundamental que la corriente anterior.

Finalmente desearía sugerir que la profesión de la economía no ha hecho mayor progreso en el análisis del cambio tecnológico por dos razones: la primera es tan simple y evidente que por lo general se ignora o se pasa por alto, y ésta es que el cambio tecnológico es un proceso social en extremo complicado, implícitamente muy difícil de asimilar a un modelo. La segunda, punto muy unido, es que se trata de un fenómeno con dimensiones que no entran de forma conveniente en los límites de una disciplina académica única o particular. La investigación sobre el tema, por necesidad, debe ser interdisciplinar por naturaleza. La exhortación a realizar investigación interdisciplinar, todos lo sabemos, es familiar, como también sabemos la poca frecuencia con que el éxito ha acompañado su realización. El paso de los límites disciplinarios suele ser una operación arriesgada, no sólo intelectual sino también, quizá más importante, profesionalmente, aun cuando el resultado sea satisfactorio. Se logrará, no como respuesta a una mayor exhortación, sino por la final verificación de que ciertos problemas de más relevancia y significación para los practicantes de una disciplina resistirán a la solución satisfactoria a menos que haya un deseo —y capacidad— de cruzar estas líneas siempre que la caza intelectual lo demande. Aunque el economista puede aspirar a las sublimes y purificadas alturas —y al prestigio académico— del científico dedicado a las ciencias naturales, tengo la impresión de que una Providencia dura ha dispuesto el mundo de tal manera que sólo puede perseguir y dar caza a algunos de sus problemas disciplinarios más urgentes con una mayor disposición a un trabajo conjunto de economistas y tecnólogos.